

# 峡江水文站岸沙分析报告

杨雄, 刘秋芳, 刘志勇

赣江中游水文水资源监测中心, 江西吉安 343000

**摘要:** 峡江水文站位于赣江中游, 受自然条件和水利工程影响, 常规泥沙测验面临挑战。本报告通过比测分析, 建立了岸沙与断面单沙的关系模型, 以便在特殊情况下(如超标洪水、特殊水情、恶劣天气或仪器设备故障)采用岸边取沙替代常规泥沙测验。比测时间为2024年4月4日至6月21日, 共获取有效数据53次。结果表明, 当岸边单沙在 $0.100 \text{ kg/m}^3$ 以下时,  $C_{\text{单}} = 0.9455 \times C_{\text{岸}}$ ; 在 $0.100 \text{ kg/m}^3$ 以上时,  $C_{\text{单}} = 0.9838 \times C_{\text{岸}} - 0.0238$ 。误差分析显示, 岸沙与人工实测泥沙值的累计数据与平均数据误差均不超过3%, 满足测验规范要求。建议每年至少监测岸沙10次, 以检测率定成果的稳定性 and 准确性。

**关键词:** 峡江水文站; 岸沙分析; 泥沙测验; 比测分析; 误差分析; 水利工程

## Analysis Report on Bank Sand at Xiajiang Hydrological Station

Yang Xiong, Liu Qiufang, Liu Zhiyong

Hydrology and Water Resources Monitoring Center in the Middle Reaches of Ganjiang River, Ji'an, Jiangxi 343000

**Abstract:** Xiajiang Hydrological Station is located in the middle reaches of the Ganjiang River. Due to natural conditions and the influence of hydraulic engineering, conventional sediment testing faces challenges. This report establishes a relationship model between bank sand and single sand in the section through comparative analysis, allowing the use of bank sand sampling as a substitute for conventional sediment testing under special circumstances such as excessive floods, special water conditions, severe weather, or equipment failures. The comparison period was from April 4, 2024, to June 21, 2024, with a total of 53 valid data points obtained. The results indicate that when the single sand concentration at the bank is below  $0.100 \text{ kg/m}^3$ ,  $C_{\text{single}} = 0.9455 \times C_{\text{bank}}$ , and when it is above  $0.100 \text{ kg/m}^3$ ,  $C_{\text{single}} = 0.9838 \times C_{\text{bank}} - 0.0238$ . Error analysis shows that the cumulative and average errors between bank sand and manually measured sediment values do not exceed 3%, meeting the testing specifications. It is suggested to monitor bank sand at least 10 times per year to assess the stability and accuracy of the calibration results.

**Keywords:** Xiajiang hydrological station; bank sand analysis; sediment testing; comparative analysis; error analysis; hydraulic engineering

## 一、背景概况

峡江水文站地处赣江中游峡江县巴邱镇南门, 江面狭窄, 经常出现风大浪急, 每次单沙取样需开船至相应的垂线进行作业, 遇到超标洪水、特殊水情、天气或仪器设备运行不良时, 须采用岸边取沙来进行泥沙测验。

## 二、基本情况

### (一) 测站概况

峡江水文站是长江流域赣江中游的主要控制站, 位于峡江县巴邱镇, 东经 $115^{\circ} 09'$ , 北纬 $27^{\circ} 33'$ , 流域面积 $62724 \text{ km}^2$ , 距河口 $174 \text{ km}$ , 属国家重要水文站。1957年1月设站, 1976年1月基本水尺断面下迁 $1076 \text{ m}$ , 更名为峡江(二)水文站。赣江峡江段河谷较窄, 水面宽约 $400 \text{ m}$ , 枯水平均水深约 $7.5 \text{ m}$ 。本站流量测验精度为一类站, 泥沙测验精度为二类。主要

测验项目有: 水位、流量、悬移质泥沙、水温、降水量、水质。

水位、降水量观测均采用自记记录, 流量测验采用缆道和船测、在线ADCP、走航式ADCP及流速仪施测, 泥沙测验采用船测、横式采样器取样, 水温采用人工观测。泥沙处理采用过滤烘干法。

### (二) 水流沙特性

本站高程系统为吴淞基面。

本站测流取沙断面位于基本水尺断面处, 测验河段上游较顺直约 $1300 \text{ m}$ , 下游稍有扩散。右岸为峡江水利枢纽公路护坡斜岸; 左岸为民房, 砖渣等填料较陡; 岸边河床稳定, 无坍塌现象。河槽河床组成: 左岸(起点距 $30 \text{ m} \sim 230 \text{ m}$ )为粗、细沙, 稍有冲淤, 河底高程起伏较小, 水流较平稳; 右岸(起点距 $240 \text{ m}$ 至右岸)为岩石, 乱石较多不易冲淤, 河底高程起伏较大, 水流较紊乱、漩涡多。

历年来年均沙峰在5场左右分布在3到7月份, 沙峰持续时间3个小时, 影响本站水位流量变化的主要因素是暴雨、万安电站泄

洪、石虎塘航电枢纽及附近支流洪水，水位流量关系主要受洪水涨落和断面冲淤影响。2010年以来，本站上游约4km处的峡江水利工程建设施工，对本站流量测验影响较大，受其蓄放水调试发电影响，水位涨落变化急剧，水位过程经常出现锯齿状，在此过程中流量测验点据明显出现偏离。

历年泥沙变化主要受水位涨落、河道冲淤、强暴雨影响。因峡江水利枢纽工程控制面积大，2014年蓄水后上游来沙在枢纽进行了沉淀和拦沙和下游新干航电枢纽顶托流速变小等因素，峡江站含沙量总体偏少，在无降雨、水位平稳时期含沙量在 $0.01\text{ kg/m}^3$ 以下，暴雨、高水期间受水利工程影响也相对往年含沙量明显减少。受峡江水利枢纽施工影响，本站2011年至2013年单断沙关系非常混乱，无法建立单断沙关系，采用比例系数法整编。2014年采用单断沙关系整编。

本站现有观测项目为水位、流量、悬移质输沙、水温、降水量。历年最高水位44.57m（1962年6月29日，原断面水位44.93m，现断面最高水位是经换算后的），历年最低水位为33.17m（2023年1月8日），历年最大流量 $19900\text{m}^3/\text{s}$ （1968年6月26日），历年最小流量 $122\text{m}^3/\text{s}$ （2013年11月13日），历年实测最大含沙量 $1.86\text{ kg/m}^3$ （1985年），2014年蓄水后实测最大含沙量为 $0.638\text{ kg/m}^3$ （2022年6月15日）。

### 三、比测目的和内容

#### （一）比测目的

通过比测分析，建立岸沙与断面相应单沙关系，遇到超标洪水、特殊水情、天气或仪器设备运行不良时，进行岸沙取样，根据两者间关系，从而得到断面相应单沙。

#### （二）比测内容

1.岸沙含沙量数据获取。在本站测船（挂机赣水文19）船头左侧0.5m处利用横式采样器（拉绳式）进行水面0.2法采样。利用横式采样器（拉绳式）进行采样，采用过滤法测量含沙量，以单样含沙量数据代表断面平均含沙量数据。

2.率定相关关系曲线。分析岸边人工测得的含沙量与断面上人工实测的含沙量数据，建立符合水文相关要求的监测结果，从而率定两者之间的关系。

### 四、仪器设备情况

横式采样器结构简单、工作可靠、操作方便能在短时间采集到泥沙水样，提高采样速度，但也因采样时间短，不能克服泥沙脉动影响，所以代表性差。

横式采样器结构由：水筒、筒盖、弹簧、橡皮圈、钩形装置和夹板组成。

横式采样器取样方法：仪器悬吊在绞车上，取样时打开筒盖状态，提放是匀速，到达测点位置人工拉绳关闭采样器，提起倒出水样，取样结束，一次取样容积为1000mL。

### 五、率定方案

#### （一）断面相应单沙测验方法

断面相应单沙测验方法为固定二线0.2一点混合，水样处理采用过滤法；取样位置在100m、275m。

#### （二）岸沙测验方法

岸沙测验方法为拉绳式横式采样器，在本站测船（挂机赣水文19）船头左侧0.5m处利用横式采样器（拉绳式）进行水面0.2法采样。

#### （三）率定技术要求

取样位置：岸沙每次取样位置应为测船（挂机赣水文19）船头左侧0.5m处；

取样时间：断面相应单沙及岸沙应同步进行取样；

比测次数：断面相应单沙及岸沙对比次数30次以上，水样分布代表含沙量的变化过程。

### 六、适用技术规范

- 《水文基础设施及技术装备标准》(SL-276-2002)；
- 《河流悬移质泥沙测验规范》(GBT50159-2015)；
- 《水文资料整编规范》(SL247-2020)；

### 七、比测率定分析

#### （一）比测的情况介绍

##### 1.比测特征值综合统计

（1）比测时间：2024年4月4日~2024年6月21日。

（2）比测率定有效数据共53次。

（3）比测期水位变幅：36.39m~41.94m。

（4）比测期断面人工含沙量变幅： $0.008\text{ kg/m}^3 \sim 0.445\text{ kg/m}^3$ 。

人工取样时间2024年4月4日至2024年6月21日，采样53份。期间取水沙水位变幅5.55m，期间特征值对比如下表7.1。

表7.1 特征值对照表

项目	时间	含沙量 ( $\text{kg/m}^3$ )	同时刻断面/岸边 泥沙 ( $\text{kg/m}^3$ )
断面最小含沙量	2024年5月22日 09:46	0.008	0.011
断面最大含沙量	2024年4月5日12:05	0.445	0.442
岸边最小含沙量	2024年5月28日 10:03	0.010	0.011
岸边最大含沙量	2024年4月5日12:05	0.442	0.445

因峡江水利枢纽工程控制面积大，2014年蓄水后上游来沙在枢纽进行了沉淀和拦沙加上下游新干航电枢纽顶托流速变小等因素，峡江站含沙量总体偏少，峡江水文站2024年4月4到2024年6月21日比测期间共搜集54组样本数据，人工实测含沙量变化范围为 $0.008 \sim 0.445\text{ kg/m}^3$ ，占历年（峡江水利枢纽建成后）含沙量变幅的69.7%，可以代表本站含沙量的变化规律。

结合测站历年特性，上述数据可以代表峡江水文站泥沙变化过程，比测样本系列代表性良好。

## 2. 资料评价

本断面比测率定仪器的选型、比测位置均合理，操作方法得当，比测期间严格按照操作规程进行比测资料的搜集，因此资料准确可靠，满足各项精度要求。

### (二) 技术要求

1. 要求控制高、中、低含沙量的变化；有效比测资料原则上不少于30份。

2. 根据目前取得的实测数据，含沙量太小，无法采用常规误差分析方法进行分析。借鉴《河流悬移质泥沙测验规范》(GB50159-2015)第8.1.6条规定，当泥沙含量较小时，可采用样本累计的方法进行误差分析；当泥沙含量大于 $0.100\text{kg/m}^3$ 时，新的测验方法与传统方法相关性要较好，且需进行关系检验。

3. 本次分析采用样本累计数据分析法，分析累计数据与平均数据是否能够达到测验规范要求。同时借鉴《水文资料整编规范》(SL247-2020)提到的：如果新的测验方法与传统测验方法累计误差不超过3%，则可以采用新方法测验。

### (三) 误差分析

#### 1. 稳定性分析

统计分析2024年4月4日~2024年6月21日岸边实测含沙量、断面相应单沙、水位之间变化趋势一致，相应性较高，说明系统含沙量示值数据稳定可靠。峡江水文站岸沙、断面相应单沙、水位过程线对比见图7.1。

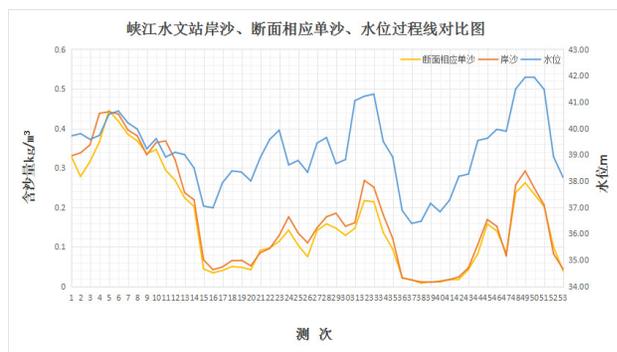


图7.1 峡江水文站岸沙、断面相应单沙、水位过程线对比图

#### 2. 误差计算

因峡江水利枢纽工程2014年蓄水后上游来沙在枢纽进行了沉淀和拦沙和下游新干航电枢纽顶托流速变小等因素，峡江站含沙量总体偏少，在无降雨、水位平稳时期含沙量在 $0.010\text{kg/m}^3$ 以下，暴雨、高水期间受水利工程影响也相对往年含沙量明显减少。根据目前取得的实测数据，当含沙量太小，无法采用常规误差分析方法进行分析；当含沙量大于 $0.100\text{kg/m}^3$ ，可分析两者间相关性，并进行对其关系线进行检验。

##### ① 当泥沙含量小于 $0.100\text{kg/m}^3$

通过对岸沙与断面实测相应含沙量进行分析可知，两者关系为 $y_{\text{断面相应含沙量}} = 0.9455x_{\text{岸沙}}$ ，相关性较好 ( $R^2=0.8961$ )。借鉴《河流悬移质泥沙测验规范》(GB50159-2015)第8.1.6条规定，当泥沙含量较小时，可采用样本累计的方法进行误差分析。本次分

析采用样本累计数据分析法，具体误差计算见下表7.3、表7.4；两者对比分析图，见图7.2。

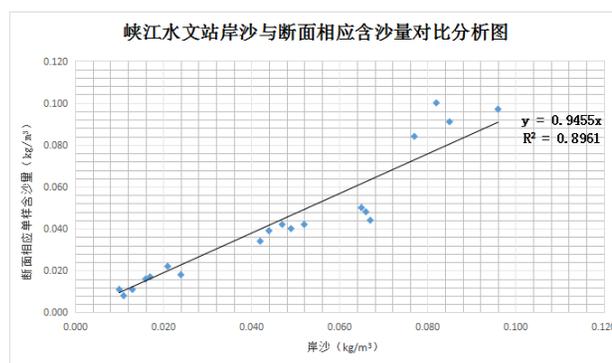


图7.2 峡江水文站岸沙与断面相应单沙对比分析图1

表7.3 岸边实测单沙与断面相应单沙累计值误差计算表

时间	岸边实测单沙累计数值 ( $\text{kg/m}^3$ )	换算后单沙累计数值 ( $\text{kg/m}^3$ )	断面相应单沙累计数值 ( $\text{kg/m}^3$ )	绝对误差 ( $\text{kg/m}^3$ )	相对误差 (%)
20240404-20240621	0.884	0.834	0.814	-0.020	-2.5

表7.4 岸边实测单沙与断面相应单沙平均值误差计算表

时间	岸边实测单沙平均值 ( $\text{kg/m}^3$ )	换算后单沙平均值 ( $\text{kg/m}^3$ )	断面相应单沙平均值 ( $\text{kg/m}^3$ )	绝对误差 ( $\text{kg/m}^3$ )	相对误差 (%)
20240404-20240621	0.0465	0.0439	0.0428	-0.0011	-2.5

根据《水文资料整编规范》(SL247-2020)提到的：如果新的测验方法与传统测验方法累计误差不超过3%，则可以采用新方法测验。经分析；岸沙与人工实测泥沙值的累计数据与平均数据误差均不超过3%，满足测验规范要求。故本次分析采用样本累计数据分析法可行。

##### ② 当泥沙含量大于 $0.100\text{kg/m}^3$

通过对岸沙与断面实测相应含沙量进行分析可知，两者关系为 $y_{\text{断面相应含沙量}} = 0.9838x_{\text{岸沙}} - 0.0238$ ，相关性较好 ( $R^2=0.9637$ )，两者对比分析图，见图7.3。

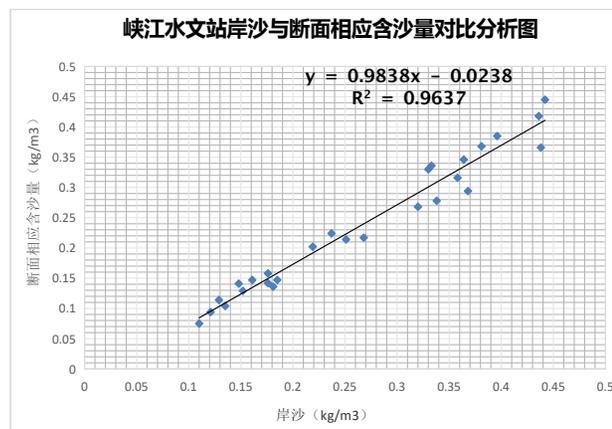


图7.3 峡江水文站岸沙与断面相应含沙量对比分析图2

将实测断面相应含沙量与线上查算数据进行系统误差、标准差、随机不确定度及三个检验，三检计算表见表7.5。计算公式如下：

①系统误差:  $P = \frac{1}{n} \sum P_i$ ;

③随机不确定度:  $2 \cdot X'_Q = 2S_e$

②标准差:  $s_e = \left[ \frac{1}{n-2} \sum \left( \frac{Q_i - Q_{ei}}{Q_{ei}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$ ;

表 7.5 峡江水文站岸边取样误差及三检计算表

表 7.5 峡江水文站岸边取样误差及三检计算表														
误差分析						关系线三检								
序号	测次	岸边单沙 $C_{岸}$	相应单沙 $C_{单}$	换算后单沙 $C_{线}$	绝对误差 $C_{单} - C_{线}$	相对误差 $P_i = (C_{单} - C_{线}) / C_{线}$	$P_i^2$	$(P_i - P_i)^2$	序号	测次	排序	相对误差	符号	符号变换
1	1	0.330	0.330	0.301	-0.029	9.7	93.9	67.8	1	44	0.106	3.1	+	1
2	2	0.338	0.278	0.309	0.031	-10.0	99.0	130.1	2	26	0.110	-11.2	-	0
3	3	0.358	0.316	0.328	0.012	-3.8	14.3	27.3	3	35	0.121	-1.3	-	0
4	4	0.438	0.366	0.407	0.041	-10.1	101.9	133.4	4	23	0.129	10.6	+	1
5	5	0.442	0.445	0.411	-0.034	8.3	68.3	46.4	5	25	0.135	-4.6	-	1
6	6	0.436	0.418	0.405	-0.013	3.2	10.1	3.0	6	27	0.148	15.8	+	0
7	7	0.396	0.385	0.366	-0.019	5.3	27.6	14.4	7	30	0.152	2.6	+	0
8	8	0.381	0.368	0.351	-0.017	4.8	23.4	11.4	8	46	0.152	11.3	+	0
9	9	0.333	0.336	0.304	-0.032	10.6	112.3	83.6	9	31	0.161	9.2	+	0
10	10	0.364	0.346	0.334	-0.012	3.5	12.2	4.2	10	45	0.169	10.9	+	1
11	11	0.368	0.294	0.338	0.044	-13.1	171.1	211.1	11	24	0.176	-4.9	-	1
12	12	0.320	0.268	0.291	0.023	-7.9	62.5	87.6	12	28	0.176	5.8	+	1
13	13	0.237	0.224	0.209	-0.015	7.0	48.9	30.7	13	34	0.181	-11.8	-	0
14	14	0.219	0.202	0.192	-0.010	5.4	29.2	15.6	14	29	0.185	-7.1	-	1
15	23	0.129	0.114	0.103	-0.011	10.6	111.5	83.0	15	51	0.206	12.9	+	0
16	24	0.176	0.142	0.149	0.007	-4.9	24.2	40.6	16	14	0.219	5.4	+	0
17	25	0.135	0.104	0.109	0.005	-4.6	21.1	36.6	17	13	0.237	7.0	+	0
18	26	0.110	0.075	0.084	0.009	-11.2	124.5	159.0	18	50	0.247	5.8	+	1
19	27	0.148	0.141	0.122	-0.019	15.8	248.4	204.8	19	33	0.251	-4.1	-	1
20	28	0.176	0.158	0.149	-0.009	5.8	33.6	18.8	20	48	0.257	3.5	+	1
21	29	0.185	0.147	0.158	0.011	-7.1	50.1	72.8	21	32	0.268	-9.5	-	1
22	30	0.152	0.129	0.126	-0.003	2.6	6.7	1.3	22	49	0.292	-0.6	-	1
23	31	0.161	0.147	0.135	-0.012	9.2	85.0	60.3	23	12	0.32	-7.9	-	1
24	32	0.268	0.217	0.240	0.023	-9.5	90.8	120.6	24	1	0.33	9.7	+	0
25	33	0.251	0.214	0.223	0.009	-4.1	16.8	30.8	25	9	0.333	10.6	+	1
26	34	0.181	0.136	0.154	0.018	-11.8	140.2	176.7	26	2	0.338	-10.0	-	0
27	35	0.121	0.094	0.095	0.001	-1.3	1.7	7.6	27	3	0.358	-3.8	-	1
28	44	0.106	0.083	0.080	-0.003	3.1	9.8	2.8	28	10	0.364	3.5	+	1
29	45	0.169	0.158	0.142	-0.016	10.9	119.0	89.4	29	11	0.368	-13.1	-	1
30	46	0.152	0.140	0.126	-0.014	11.3	128.7	97.8	30	8	0.381	4.8	+	0
31	48	0.257	0.237	0.229	-0.008	3.5	12.1	4.1	31	7	0.396	5.3	+	0
32	49	0.292	0.262	0.263	0.001	-0.6	0.3	4.0	32	6	0.436	3.2	+	1
33	50	0.247	0.232	0.219	-0.013	5.8	34.1	19.3	33	4	0.438	-10.1	-	1

34	51	0.206	0.202	0.179	-0.023	12.9	167.3	131.9	34	5	0.442	8.3	+	
求 和						49.4	2300.6	2228.9	计 数				20	19
一、岸边单沙换算关系： 1、岸边单沙在0.100以上： $C_{单}=0.9838 \times C_{岸}-0.0238$ ； 2、岸边单沙在0.100以下： $C_{单}=0.9455 \times C_{岸}$ 。 标准差 8.5 随机不确定度 17.0<20% 符号检验 0.86 1.15 适线检验 <01.28 偏离数值检验 1.03 1.30						系统误差		1.5		<3%	合理			
						合理								
						合理								
						合理								
						合理								

通过以上公式计算，系统误差为：1.5%；标准差 % (Se) 为 :8.5%;随机不确定度为 :17.0%。

根据《水文资料整编规范》(SL247-2020)规定，泥沙站单一线三检的系统误差在 ±3%，总随机不确定度 ±20%内。本次岸沙比测当含沙量大于0.100kg/m<sup>3</sup>，三检均能满足要求，且比测关系稳定，故本次分析比测成果能满足规范要求。

## 八、结论

当本站遇到超标洪水、特殊水情、天气或仪器设备运行不良时，可以在基本水尺断面水流处，采用岸边取沙来进行泥沙

测验。岸沙换算关系采用：当岸边单沙在0.100kg/m<sup>3</sup>以下： $C_{单}=0.9455 \times C_{岸}$ ；岸边单沙在0.100kg/m<sup>3</sup>以上： $C_{单}=0.9838 \times C_{岸}-0.0238$ 。

## 九、建议

按大中小含沙量均匀分布原则，每年至少监测岸沙10次，对率定成果的稳定性和准确性进行检测。

## 参考文献

- [1] 《水文基础设施及技术装备标准》(SL-276-2002).
- [2] 《河流悬移质泥沙测验规范》(GBT50159-2015).
- [3] 《水文资料整编规范》(SL247-2020) .